

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Applicant: Hilmar R. MUELLER



Title: A monitoring Device
For Melting Furnaces

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 37 603.4

Anmeldetag: 16. August 2002

Anmelder/Inhaber: Wieland-Werke AG, Ulm/DE

Bezeichnung: Überwachungseinrichtung für Schmelzöfen

IPC: F 27 B 14/20

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Jerofsky

B e s c h r e i b u n g

Überwachungseinrichtung für Schmelzöfen

Die Erfindung betrifft eine Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen auf Schmelzeaustritt, insbesondere von Tiegel- oder Rinnenöfen, bestehend aus einem geschlossenen Stromkreis aus mehreren Leiterabschnitten mit zumindest partiell leitender Oberfläche sowie einem Mess-/Anzeigegerät.

Bei Induktionsöfen kann ein Tiegelbruch schwere Anlageschäden verursachen und zudem Personen gefährden. Für die rechtzeitige Meldung von drohenden Durchbrüchen sind bereits unterschiedliche Systeme im Einsatz.

Üblicherweise wird im einfachsten Fall die Berührung von Schmelze mit der Spule durch Erdschluß angezeigt. Vor der Spule eingebaute Meldenetze, beispielsweise auf einer am Tiegel aufgetragenen elektrisch isolierenden Hinterfüllmasse, versprechen eine Meldung, bevor die austretende Schmelze die Spule kontaktiert. Die Schaltung und Ausführung der Meldenetze gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Einfache Systeme messen den Widerstand im Stromkreis Tiegel - Meldenetz - Meßgerät. Dazu muß das Meßgerät mittels eines Kontakts, meist eine in die Bodenstampfmasse eingelegte Edelstahlfahne, mit dem von der Spule umgebenen Tiegel verbunden werden. Bei einem Riß im Tiegel tritt eine Schmelzezunge aus, dringt durch die auf den Tiegel aufgetragene Hinterfüllmasse hindurch und berührt das Meldenetz. Der vorher sehr große Widerstand der Hinterfüllmasse fällt durch den Kontakt praktisch auf den Wert Null. Die Auswerteeinheit zeigt dies optisch oder akustisch an und schaltet die Ofenleistung ab.

Nachteil dieser Schaltung ist, dass bei Verlust des Kontakts im Stromkreis keine Änderung der Anzeige erfolgt, beispielsweise infolge eines durch Schrumpfung des

Tiegels verursachten Kabelbruchs oder durch Oxidation der Edelstahlfahne, die eine Erhöhung des Übergangswiderstands an der Fahne zur Folge hat. Damit wird die Überwachungseinrichtung wirkungslos, da die Widerstandsanzeige auch dann auf unendlich bleibt, wenn eine Schmelzezung das Meldenetz berührt.

Ansätze, eine frühzeitigere Erkennung vor einem Tiegelbruch mit Schmelzeaustritt zu gewährleisten, sind aus der Veröffentlichung von Hopf, Giesserei 89 (2002), Nr. 1, pp. 36 - 42 bekannt. Dabei wird die Restwanddicke basierend auf der Temperaturabhängigkeit des spezifischen elektrischen Widerstandes von Feuerfestmaterial von der Temperatur gemessen und zur Auswertung des Verschleißes der lokalen Ofenwandstärke ausgenutzt. Hierzu werden Sensoren im Feuerfestaufbau installiert, die aus zwei drahtförmigen, kammartig ausgebildeten Elektroden in ein flexibles Glimmermaterial oder in Keramik eingebettet sind. Tritt nun an einer Stelle des Sensors eine erhöhte Temperatur auf, so verringert sich der spezifische elektrische Widerstand der Keramik an diesem Ort. Diese Widerstandsänderung zwischen den beiden Elektroden wird über ein Meßgerät erfaßt und ausgewertet.

Allerdings funktioniert dies insbesondere bei Öfen mit Elektro- oder Tongrafit-Tiegeln nur bedingt, da hier die ausgeprägte Temperaturabhängigkeit des Widerstands entfällt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen anzugeben, welche mit größerer Zuverlässigkeit einen Schmelzeaustritt überwacht.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen auf Schmelzeaustritt, bestehend aus einem geschlossenen Stromkreis aus mehreren Leiterabschnitten mit zumindest partiell leitender Oberfläche sowie einem Mess-/Anzeigegerät, bei der ein erster Leiterabschnitt über einen ohmschen Widerstand R mit einem zweiten Leiterabschnitt in Reihe geschaltet ist und der erste Leiterabschnitt unmittelbar benachbart, jedoch elektrisch isoliert zum zweiten Leiter-

abschnitt beabstandet angeordnet ist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, dass die bei einem Tiegelbruch austretende Schmelze frühzeitig erkannt werden sollte. Insbesondere sollte bei Induktionsöfen die frühzeitige Erkennung dazu führen, dass die austretende Schmelze die Spule nicht kontaktiert. Des weiteren sollte sich die Erfindung auch für einen Einsatz bei Elektro- oder Tongrafit-Tiegeln eignen, also bei Einrichtungen, die keine ausgeprägte Temperaturabhängigkeit des Widerstandes aufweisen. Zudem sollte die Erfindung im Betriebszustand Störungen bei der Überwachung erkennen.

Die Überwachungseinrichtung ist dazu aus einem ohmschen Widerstand R mit in Reihe geschalteten Leiterabschnitten aufgebaut. Der ohmsche Widerstand ist im Einsatz am Ofen an einer Stelle positioniert, an der er nicht unmittelbar hohen Temperaturen ausgesetzt ist. Der Temperatureinfluss darf den Widerstand weder beschädigen, noch den elektrischen Widerstandswert wesentlich verändern. Entlang der Überwachungszone am Schmelzofen verläuft der erste Leiterabschnitt unmittelbar benachbart zum zweiten Leiterabschnitt. Der Abstand der beiden Leiter ist möglichst gering, damit austretende Schmelze beide Leiterabschnitte durch Überbrücken des Widerstandes R unmittelbar kurzschließt. Hierzu sind die Oberflächen der Leiterabschnitte zumindest partiell elektrisch leitend. Andere Bereiche der Leiterabschnitte, beispielsweise Zuleitungen, können auch an der Oberfläche isoliert sein. Unter dem jeweiligen Leiterabschnitt wird damit allgemein der vor oder nach dem ohmschen Widerstand R verlaufende elektrische Leiter verstanden.

Für eine besondere Gestaltungsfreiheit bei der Anordnung sind Leiterabschnitte so konzipiert, dass der zu überwachende Bereich des Ofens gezielt punktuell, linien- oder flächenförmig mit der Überwachungseinrichtung belegt ist. Dazu sind die Leiterabschnitte vorteilhafterweise kammartig ausgebildet, beide Kammstrukturen greifen ineinander. Alternativ oder zusätzlich sind die Leiterabschnitte mäanderförmig ausgebildet, die sich gegenseitig umschlingen.

Prinzipiell kann die Größe des ohmschen Widerstands R weitgehend frei gewählt werden. Zweckmäßigerweise ist der ohmsche Widerstand R um den Faktor 100 bis 1000 größer, als der Widerstand der in Reihe geschalteten Leiterabschnitte. Weitere Kriterien für die Wahl des Widerstandes ergeben sich beispielsweise aus der Verwendung von Hinterfüllmassen, auf denen die Leiterabschnitte am Ofen angeordnet werden. Auch die elektrischen Widerstände von Abstandshaltern und Fixierungen sind dabei zu beachten. Bei geringem Abstand der Leiterabschnitte voneinander müssen die Leiterabschnitte für einen zuverlässigen Betrieb der Überwachungseinrichtung noch ausreichend elektrisch isoliert vorliegen. In bevorzugter Ausführungsform beträgt der ohmsche Widerstand $R = 0,5$ bis $50 \text{ k}\Omega$, insbesondere 1 bis $5 \text{ k}\Omega$.

Zu einer zuverlässigen Überwachung eines Schmelzeaustritts gehört auch, dass Störungen der Überwachungseinrichtung erkannt und schnell behoben werden können. Im Betrieb eines Ofens muss eine Störung vom Personal mit einem Blick erkannt werden. Hierzu zeigt vorteilhafterweise das Mess-/Anzeigegerät im ungestörten Normalbetrieb im Wesentlichen die Größe des ohmschen Widerstandes R . Die Anzeige ist in Ordnung, wenn der definierte Widerstand von beispielsweise $2 \text{ k}\Omega$ angezeigt wird, d.h. es liegt kein Kabelbruch oder eine sonstige Störung vor. Im Wesentlichen bedeutet im Falle des ungestörten Normalbetriebs, dass aufgrund der Reihenschaltung außer R auch die Widerstandsanteile der jeweiligen Leiterabschnitte additiv hinzukommen, die jedoch aufgrund ihres geringen Betrags eine untergeordnete Rolle spielen. Bei einer Störung durch Leiterbruch zeigt das Mess-/Anzeigegerät den Widerstand 'Unendlich' an. Durch diese Eigendiagnosefunktion wird die Überwachungseinrichtung mit Zuleitungen auf Funktion überprüft. Eine Störung im Stromkreis bedeutet noch keine unmittelbare Gefahr. Die Ursache der Störung kann gesucht und beseitigt werden. Bei Schmelzeaustritt berührt die Schmelzzone beispielsweise zwei Zinken des Meldenetzkamms und schließt die Leiterabschnitte kurz, der Widerstand fällt auf 'Null'. Dies ist im automatisierten Zustand mit einer Abschaltung des Ofens verbunden. Da besondere Gefahr von einem unerwarteten Schmelzeaustritt ausgeht, bietet eine Automatisierung die größtmögliche Sicherheit, um Personal im Bereich des Ofens nicht weiter zu gefährden. Vorteil-

hafterweise sind die Widerstandsanzeigen 'Unendlich' bzw. 'Null' jeweils zusätzlich mit einer akustischen bzw. optischen Anzeige gekoppelt.

Manche Bereiche eines Schmelzofens sind hinsichtlich einer Überwachung von besonderem Interesse. Prinzipiell sind die Leiterabschnitte um das mit Schmelze gefüllte Gefäß geführt. In bevorzugter Ausführungsform sind die Leiterabschnitte vollflächig am Umfang des mit Schmelze gefüllten Gefäßes angeordnet. Gegebenenfalls werden manche Bereiche, beispielsweise der Halsbereich, Induktor oder Anflanschbereich eines Rinnenofens oder der Spulenbereich beim Induktionsofen, durch ein besonders dichtes Netz an Leiterabschnitten belegt.

Durch mehrwöchigen Betrieb unter Hitzeeinwirkung muss eine Überwachungseinrichtung dauerhaft am Ofen angebracht werden. Vorteilhafterweise geschieht dies auf der dem mit Schmelze gefüllten Gefäß abgewandten Oberfläche einer Hinterfüllmasse aus Feuerfestmaterial. Diese muss in der Größe des elektrischen Widerstands entsprechend zum ohmschen Widerstand R angepaßt sein. In einer bevorzugten Ausführungsform besteht die Hinterfüllmasse aus keramischem Material, wodurch der elektrische Widerstand der Hinterfüllmasse ein Vielfaches des ohmschen Widerstandes R beträgt. Dieser Wert gewährleistet einen sicheren Betrieb der Überwachungseinrichtung. In einer alternativen Ausführungsform bildet das mit Schmelze gefüllte Gefäß einen Teil eines Leiterabschnitts. Besonders eignen sich hierzu elektrisch leitende Elektro- oder Tongrafit-Tiegel.

Bei größeren Ofeneinheiten erreichen die jeweiligen Leiterabschnitte eine größere Länge, wodurch deren elektrischer Widerstand auf ein beträchtliches Maß ansteigt. In derartigen Fällen ist es vorteilhaft, mehrere Überwachungseinrichtungen um das mit Schmelze gefüllte Gefäß anzuordnen. Jede einzelne Überwachungseinrichtung kann auch unterschiedliche Aufgaben übernehmen, so dass bei Schmelzeaustritt beispielsweise in Verbindung mit einer besonderen Gefährdung von Personen der Ofen unmittelbar abgeschaltet wird, bei einem Austritt ohne unmittelbare Gefahr an anderer Stelle die Ofenleistung kontinuierlich herunter geregelt wird.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, dass durch einen Kabelbruch eine Änderung der Anzeige erfolgt und damit eine zuverlässige und kontinuierliche Überwachung der Funktion der Überwachungseinrichtung gewährleistet ist. Insbesondere werden dadurch die durch einen Tiegelbruch verursachten Anlageschäden minimiert und Personen geschützt. Über bereits bestehende Systeme hinaus funktioniert die Überwachungseinrichtung insbesondere bei Öfen mit Elektro- oder Tongrafit-Tiegeln, da hier die in anderen Systemen benötigte ausgeprägte Temperaturabhängigkeit des Widerstands entbehrlich ist. Zudem werden zusätzliche Einrichtungen, wie beispielsweise störanfällige Kontaktfahnen, nicht mehr benötigt. Es lassen sich Schmelzöfen ständig und zuverlässig auf einen durch Tiegelbruch verursachten Schmelzeaustritt überwachen und die Anlagensicherheit erhöhen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 eine Überwachungseinrichtung mit kammartig ineinandergreifenden Leiterabschnitten,

Fig. 2 einen Schmelzofen mit Überwachungseinrichtung,
und

Fig. 3 eine Überwachungseinrichtung mit Anzeigeschaltung.

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

Die Überwachungseinrichtung 1 nach Figur 1 ist aus einem ersten Leiterabschnitt 2 aufgebaut, der über einen ohmschen Widerstand R mit einem zweiten Leiterabschnitt 4 in Reihe geschaltet ist und mit einem Mess-/Anzeigegerät 6 einen geschlossenen Stromkreis bildet. Beide Leiterabschnitte sind kammförmig ausgebildet und greifen ineinander, so dass die Leitungsverläufe unmittelbar benachbart, jedoch zueinander elektrisch isoliert angeordnet sind. Der kammförmige Bereich der Leiterabschnitte stellt den eigentlichen Sensorbereich für austretende Schmelze dar. Die unmittelbar

benachbarten Leiter werden kurzgeschlossen, sobald aus einem Tiegel austretende metallische Schmelze beide berührt. Der in Reihe geschaltete ohmsche Widerstand R liegt in einem Bereich, in dem dieser der hohen Ofentemperatur nicht unmittelbar ausgesetzt ist.

Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist ein Schmelzofen 8, ausgebildet als Induktionsofen, mit Überwachungseinrichtung dargestellt. Das mit Schmelze gefüllte Gefäß 10 (Tiegel) ist mit einer Hinterfüllmasse umschlossen. Auf der Hinterfüllmasse 12 ist um den gesamten Umfang des Tiegels 10 ein kammförmiger erster Leiterabschnitt 2 angebracht. Der zweite Leiterabschnitt 4 verläuft ausgehend vom elektrischen Widerstand R durch das Tiegelmateriale 10 über den Bodenkontakt zum Mess-/Anzeigegerät. Der Stromkreis wird durch den in Reihe geschalteten ohmschen Widerstand R, dem Tiegel 10 mit Bodenkontakt und dem Mess-/Anzeigegerät 6 geschlossen. Der Widerstand R ist so bemessen, dass er deutlich kleiner als der Widerstand der Hinterfüllmasse 12 aber auch deutlich größer als der Widerstand der in Reihe geschalteten Leiterabschnitte 2, 4 ist. Zweckmäßigerweise liegt er zwischen 1 und 5 kOhm, ein bevorzugter Wert ist 2 kOhm. Zum Schutz der Spule 14 liegt die Überwachungseinrichtung 1 radial innerhalb der Spulenwindungen, wodurch eine über den Riss 16 austretende Schmelze zuerst die Leiterabschnitte kurzschließt und daraufhin die Ofenleistung abgeschaltet wird.

Die Überwachungseinrichtung 1 nach Figur 3 ist entsprechend dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 mit kammförmigen Leiterabschnitten aufgebaut. Im Detail ist zusätzlich das Auswerteprinzip der Anzeigschaltung des Mess-/Anzeigegerätes dargestellt.

Die Funktionsweise der Schaltung ist aus der folgenden Auflistung ersichtlich:

- U_{A1} wechselt bei Tiegelbruch von U_{min} auf U_{max} . Dieses Signal kann zur Abschaltung der Heizung verwendet werden.
- U_{A2} ist eine Spannung proportional zum Gesamtwiderstand ($U_{min} \leq U_{A2} \leq U_{max}$). Das Signal kann zur Kontrolle verwendet werden und wird über die Ver-

stärkung des Messverstärkers V_1 im Zusammenspiel mit der Versorgungsspannung U_S und dem Messwiderstand R_S auf ca. $U_{\max}/2$ eingestellt.

- U_{A3} wechselt bei Systemstörung, beispielsweise Kabelbruch von U_{\min} nach U_{\max} und kann zur Anzeige der Störung verwendet werden.
- U_{ref1} dient zur Einstellung der Schaltschwelle von Komparator V_2 und sollte deutlich größer als der nominelle Wert von U_{A2} aber kleiner als U_{\max} sein.
- U_{ref2} dient zur Einstellung der Schaltschwelle vom Komparator V_3 und sollte deutlich kleiner als der nominelle Wert von U_{A2} , aber größer als U_{\min} sein.

Weitere alternative Ausführungsformen, insbesondere eine größere Anzahl von Überwachungseinrichtungen, sind möglich. Diese richten sich nach der Tiegelgröße und -geometrie. Beispielsweise ist es vorteilhaft, bei Tiegeln mit ebener Bodenfläche eine weitere Überwachungseinrichtung am Boden anzubringen. Die in den Figuren 1 bis 3 dargestellten Überwachungseinrichtungen können außer der beschriebenen flächigen Kamm- oder Mäanderform auch parallele oder punktuelle Leiterabschnitte aufweisen, mit denen gezielt Anschlussstutzen oder Bohrungen in Tiegeln überwacht werden können.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Überwachungseinrichtung (1) von Schmelzöfen auf Schmelzeaustritt, insbesondere von Tiegel- oder Rinnenöfen, bestehend aus einem geschlossenen Stromkreis aus mehreren Leiterabschnitten (2, 4) mit zumindest partiell leitender Oberfläche sowie einem Mess-/Anzeigegerät (6),
dadurch gekennzeichnet,
dass ein erster Leiterabschnitt (2) über einen ohmschen Widerstand R mit einem zweiten Leiterabschnitt (4) in Reihe geschaltet ist und dass der erste Leiterabschnitt (2) unmittelbar benachbart, jedoch elektrisch isoliert zum zweiten Leiterabschnitt (4) beabstandet angeordnet ist.
2. Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterabschnitte (2, 4) kammartig ineinandergreifen oder sich mäanderförmig umschlingen.
3. Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand R um den Faktor 100 bis 1000 größer ist, als der Widerstand der in Reihe geschalteten Leiterabschnitte (2, 4).
4. Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand $R = 0,5 \text{ bis } 50 \text{ kOhm}$ beträgt.

5. Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der ohmsche Widerstand $R = 1$ bis 5 kOhm beträgt.
6. Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Mess-/Anzeigegerät (6) im ungestörten Normalbetrieb im Wesentlichen die Größe des ohmschen Widerstandes R , bei Störung durch Leiterbruch den Widerstand 'Unendlich' und bei Schmelzeaustritt den Widerstand 'Null' (Kurzschluß) anzeigt.
7. Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandsanzeigen 'Unendlich' bzw. 'Null' jeweils mit einer akustischen bzw. optischen Anzeige gekoppelt sind.
8. Überwachungseinrichtung von Schmelzöfen nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Widerstandsanzeige 'Null' mit einer Abschaltung des Ofens (8) gekoppelt ist.
9. Schmelzofen mit Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterabschnitte (2, 4) um das mit Schmelze gefüllte Gefäß (10) angeordnet sind.
10. Schmelzofen mit Überwachungseinrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterabschnitte (2, 4) vollflächig am Umfang des mit Schmelze gefüllten Gefäßes (10) angeordnet sind.
11. Schmelzofen mit Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Leiterabschnitte (2, 4) auf der dem mit Schmelze gefüllten Gefäß (10) abgewandten Oberfläche einer Hinterfüllmasse (12) angeordnet sind.

12. Schmelzofen mit Überwachungseinrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Hinterfüllmasse (12) aus keramischem Material besteht.
13. Schmelzofen mit Überwachungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Schmelze gefüllte Gefäß (10) einen Teil eines Leiterabschnitts (2, 4) bildet.
14. Schmelzofen mit Überwachungsnetzwerk nach einem der Ansprüche 9 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass mehrere Überwachungseinrichtungen (1) um das mit Schmelze gefüllte Gefäß (10) angeordnet sind.

Bezugszeichenliste

1	Überwachungseinrichtung
2	erster Leiterabschnitt
4	zweiter Leiterabschnitt
6	Mess-/Anzeigegerät
8	Schmelzofen
10	schmelzegefülltes Gefäß (Tiegel)
12	Hinterfüllmasse
14	Spule
16	Riss
R	Ohmscher Widerstand
S	Anzeigeschaltung

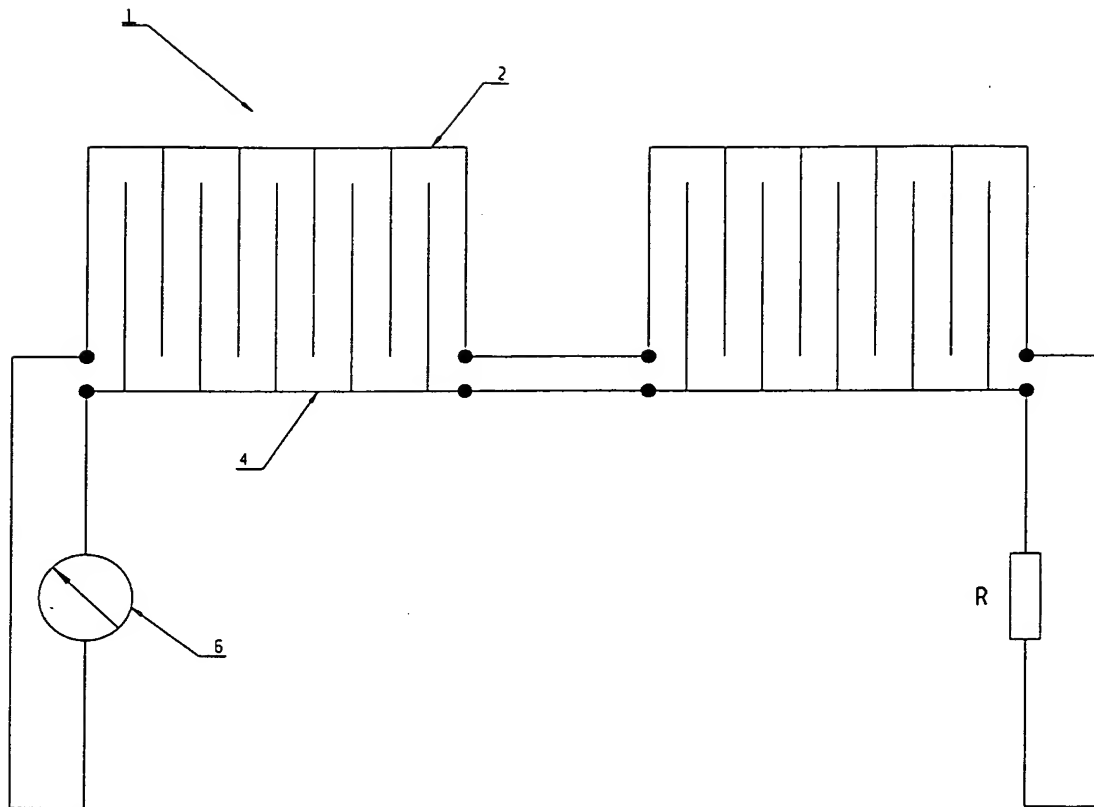


Fig. 1

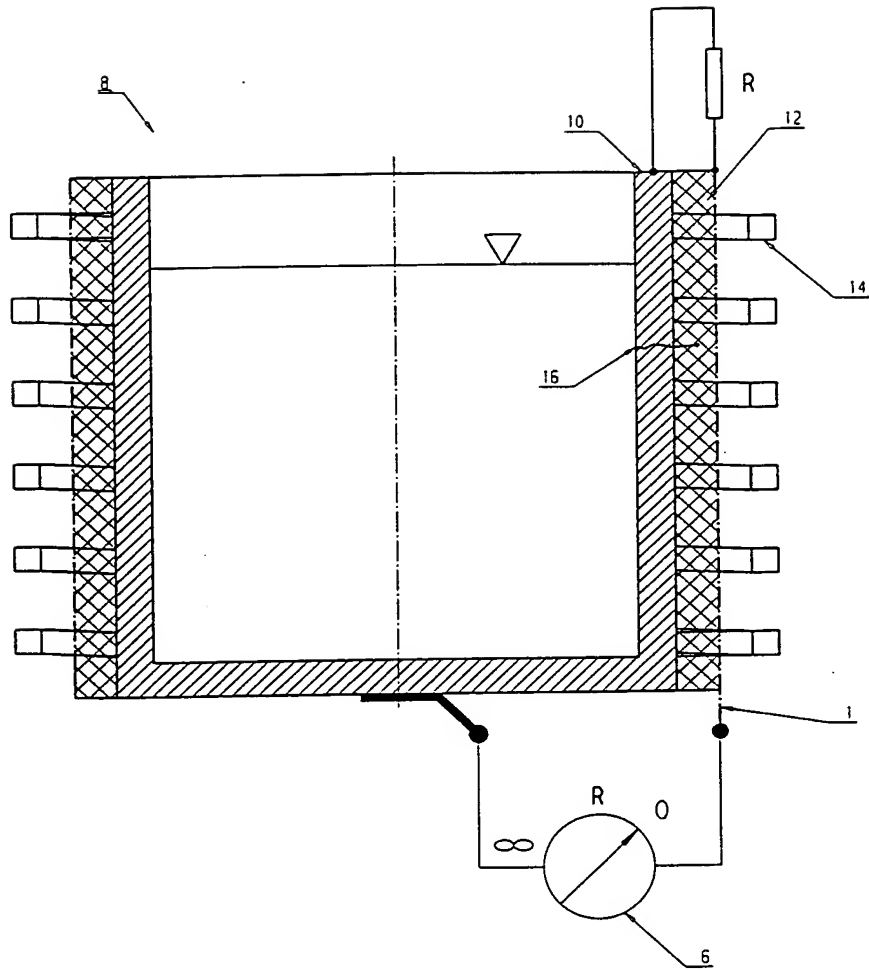


Fig. 2

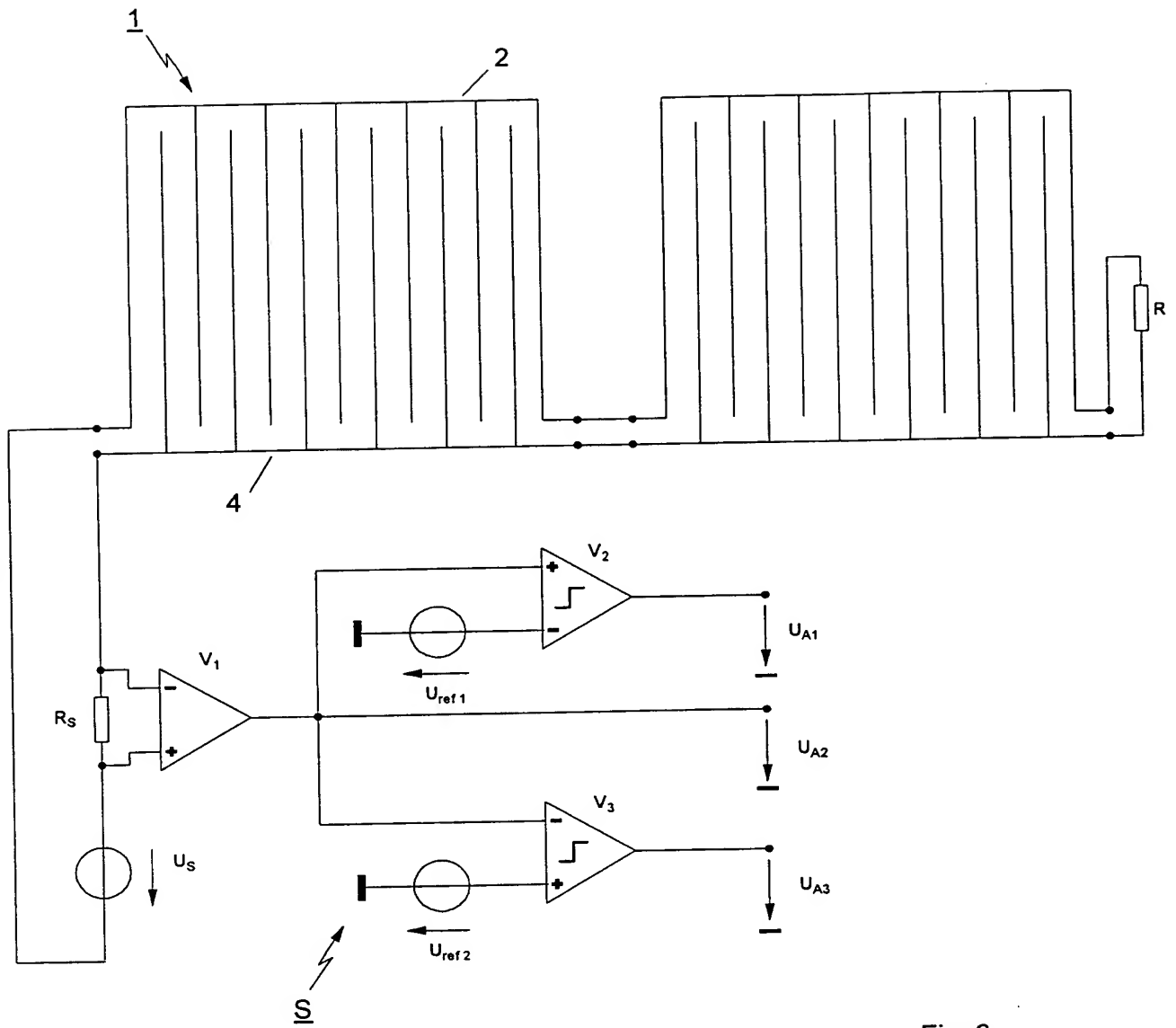


Fig. 3

Z u s a m m e n f a s s u n g

Überwachungseinrichtung für Schmelzöfen

Bei Schmelzöfen kann ein Tiegelbruch schwere Anlageschäden verursachen und zudem Personen gefährden. Eine zuverlässige Überwachung von drohenden Durchbrüchen der Schmelze wird daher benötigt. Dazu wird erfindungsgemäß eine Überwachungseinrichtung (1) von Schmelzöfen auf Schmelzeaustritt bestehend aus einem geschlossenen Stromkreis aus mehreren Leiterabschnitten (2, 4) mit zumindest partiell leitender Oberfläche sowie einem Mess-/Anzeigegerät (6) angegeben, wobei ein erster Leiterabschnitt (2) über einen ohmschen Widerstand R mit einem zweiten Leiterabschnitt (4) in Reihe geschaltet ist und der erste Leiterabschnitt (2) unmittelbar benachbart, jedoch elektrisch isoliert zum zweiten Leiterabschnitt (4) beabstandet angeordnet ist.

Fig. 1

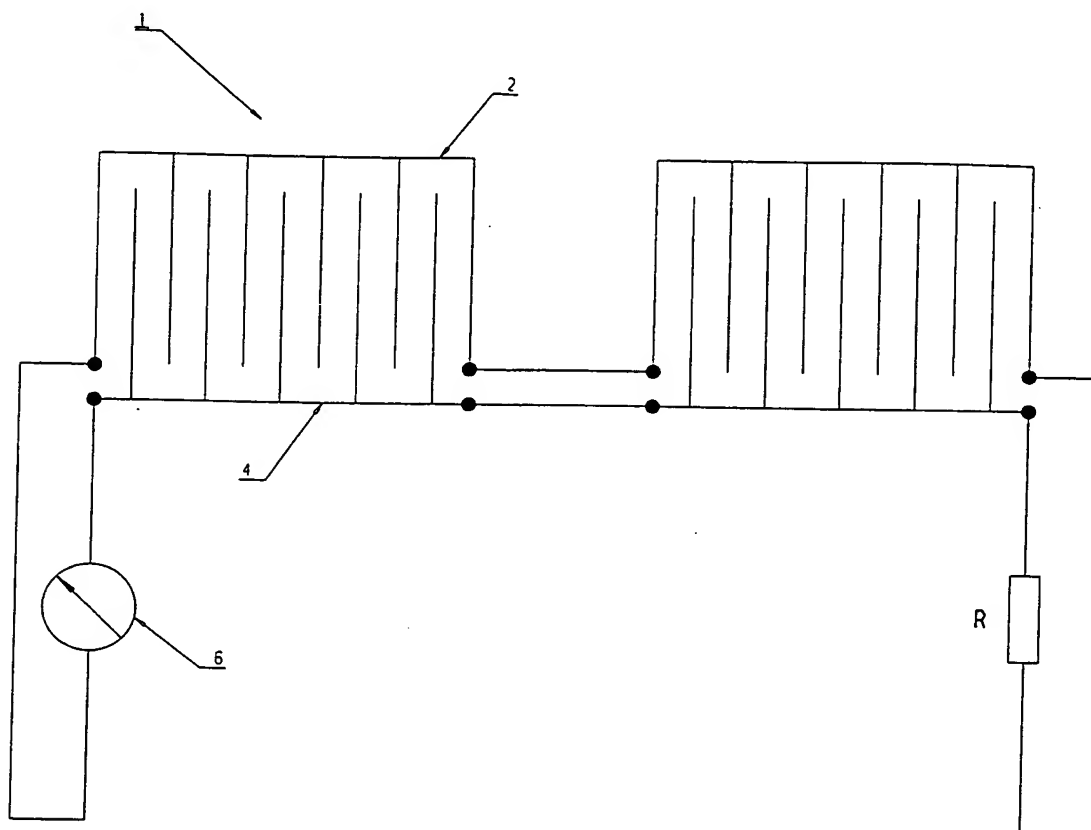


Fig. 1